

СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗАНИЮ В ЗОНЕ
УПРУГИХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Рассмотрим процесс резания грунта в зоне упругих и пластических деформаций рабочими органами пассивного действия, имеющими трехгранную форму поперечного сечения и угол резания 90° . При установившемся режиме резания сопротивление

$$F = 2F_\tau \cos \frac{\alpha}{2} + 2F_n \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

где F_τ — равнодействующая сил трения;

F_n — равнодействующая сил нормального давления;

α — угол заострения рабочего органа.

Известно, что

$$F_\tau = \int_S \tau ds; \quad F_n = \int_S \sigma dS; \quad (2)$$

$$\tau = \tau_0 + f\sigma, \quad (3)$$

где τ — тангенциальные напряжения;

σ — нормальные напряжения;

dS — элементарная площадка, выделенная на рабочей поверхности режущего элемента;

τ_0 — коэффициент, учитывающий удельную силу сцепления между частицами грунта и рабочей поверхностью режущего элемента;

f — коэффициент трения грунта о сталь.

Подставляя (3) в (2) и (2) в (1), получим

$$F = 2 \cos \frac{\alpha}{2} \int_S \tau_0 dS + 2 \left(f \cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \right) \int_S \sigma dS \quad (4)$$

Нормальные напряжения [1]

$$\sigma = \frac{0,1E}{\cos \frac{\alpha}{2}} e^{\frac{x}{\mu}}. \quad (5)$$

где E — модуль упругости;

x — изменение ширины щели при врезании рабочего органа в грунтовой массив;

μ — коэффициент, характеризующий влияние толщины рабочего органа на деформацию сжатия.

Элементарная площадка

$$dS = dtdz; \quad dl = \frac{dx}{\sin \frac{\alpha}{2}}; \quad ds = \frac{dx dz}{\sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (6)$$

где dx — изменение ширины щели;

dz — изменение глубины щели.

При этом x меняется от 0 до $b/2$, а z — от h_0 до h .

Подставляя (5) и (6) в (4) и проинтегрировав (4) в указанных пределах, найдем

$$F = (h - h_0) \left[\tau_0 b \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + 0,2\mu E \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) \left(e^{\frac{b}{2\mu}} - 1 \right) \right], \quad (7)$$

где h_0 — предельная глубина залегания граничной линии;

h — глубина резания щели в грунте.

Для определения h_0 нами получена формула:

$$h_0 = \frac{\tau_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sin \alpha_p \cos \varphi}{2k\gamma \sin(\alpha_p + \varphi)} + \frac{0,8\mu E \sin \alpha_p \cos \varphi}{kb^2 \sin(\alpha_p + \varphi)} \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) \left(\mu e^{\frac{b}{2\mu}} - \frac{b}{2} \right), \quad (8)$$

где α_p — угол резания;

φ — угол трения грунта о сталь;

k — коэффициент, учитывающий защемленное состояние рабочего органа при резании глубоких щелей в грунте;

γ — удельный вес грунта.

Для угла резания рабочего органа 90° и угла заострения 45° получим

$$\begin{aligned}
 h_0 &= \frac{\tau_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{2k\gamma} + \frac{1,6\mu E}{\sqrt{2}k\gamma b^2} (1+f) \left(\mu e^{\frac{b}{2\mu}} - \frac{b}{2} \right) = \\
 &= \frac{\tau_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{2k\gamma} + \frac{1,6\mu E}{k\gamma b^2} (1+f) \left(2\mu e^{\frac{b}{2\mu}} - b \right). \quad (9)
 \end{aligned}$$

Особый интерес представляет неустановившийся процесс резания грунта в начальный момент времени. В случае неустановившегося процесса резания нормальные напряжения в зоне рыхления определяются по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{k\nu^m h^{n-1}}{\cos \frac{\alpha}{2}} e^{\frac{b}{2\mu}}, \quad 0 < h < h_0, \quad (10)$$

Нормальные напряжения в зоне упругих и пластических деформаций найдем по зависимости:

$$\sigma_2 = \frac{0,1E\nu^m}{\cos \frac{\alpha}{2}} e^{\frac{b}{2\mu}}, \quad h_0 < h \leq 1,5 \mu, \quad (11)$$

ν — скорость движения агрегата;

m — коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта.

Сопротивления резанию в нестационарном режиме

$$F_n = c\nu^m s, \quad (12)$$

где c — коэффициент, определяемый из условий (7) и (8);

s — путь проходимый рабочим органом.

Тогда с учетом вышеизложенного при постоянной силе, действующей на рабочий орган, можно записать уравнение движения рабочего органа пассивного действия

$$a = b' \frac{d^2 s}{dt^2} + c \left(\frac{ds}{dt} \right)^m s, \quad (13)$$

где a , b' — коэффициенты, определяемые условиями работы агрегата и конструкцией рабочего органа. Показатель степени m зависит от плотности грунта. Для средних грунтов можно принять $m=2$. Тогда

$$a = b' \frac{d^2 s}{dt^2} + c \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 s. \quad (14)$$

Решение дифференциального уравнения (14) дает возможность определить скорость движения рабочего органа

$$v = \sqrt{e^{-cs^2} \int \frac{2a}{b'} e^{-cs^2} ds + c_1}, \quad (15)$$

где c_1 — постоянная интегрирования.

Проходимый путь можно установить из соотношения

$$\int \frac{ds}{\sqrt{e^{-cs^2} \int \frac{2a}{b'} e^{-cs^2} ds + c_1}} = t + c_2, \quad (16)$$

Литература

1. Cowell P. A. Automatic control of tractor mounted implements an implement transfer function analiser. Journal of Agricultural Engineering Research, № 2, London, June, 1969.

Е. И. МАХАРИНСКИЙ

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД СТОЙКОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Большая трудоемкость и значительный расход материалов при обычных стойкостных испытаниях режущих инструментов настоятельно требуют создания ускоренных методов. Общепринятые в настоящее время ускоренные методы стойкостных испытаний или обладают очень низкой точностью (метод торцевой обточки) или требуют сложной аппаратуры (метод радиоактивных изотопов). Предлагаемая в данной работе методика ускоренных стойкостных испытаний является дальнейшим развитием метода, предложенного Е. Г. Коноваловым и И. Л. Таракановым [1], но отличается от последнего меньшей трудоемкостью, так как вместо двух инструментов достаточно испытать только один, и более высокой точностью.

В зависимости от типа инструмента применяется различный план проведения эксперимента и различные формулы для вычисления параметров уравнения износа

$$h = C_n \cdot V^m \cdot \tau^\lambda;$$